Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Elaboración de un queso untuoso de kéfir enriquecido con inulina

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico

Autores:

Diego Patricio Fernández Toro

Mónica Romanélia León Vásquez

Director:

Patricia Liliana Ramírez Jimbo

ORCID: 0000-0002-6782-1546

Cuenca, Ecuador

2024-11-02

Resumen

El presente trabajo, tiene como objetivo elaborar un queso untuoso usando kéfir e inulina como fuentes probióticas y prebióticas. Se realizó un diseño experimental factorial 2×3, variando las concentraciones de kéfir (5% y 10%), e inulina (0% ,0.5% y 1%) para identificar la formulación óptima del queso untuoso. Posteriormente, se realizaron encuestas hedónicas a los participantes para evaluar las propiedades organolépticas incluyendo sabor, olor, color y textura. Además, se aplicó un modelo cinético del pH, para determinar el orden de reacción y el tiempo de vida útil del producto óptimo, que fue sometido a un análisis microbiológico. Los resultados del análisis estadístico indicaron que la combinación de 10% de kéfir y 0.5% de inulina (tratamiento a2b2) obtuvo la mejor aceptación en términos de color, olor, sabor y textura. Este resultado destaca que el kéfir favorece la fermentación de la leche, aportando un sabor ácido agradable, mientras que la inulina aporta de manera directa en la consistencia de la textura del queso. El pH inicial del queso fue de 4.4 y, tras 21 días, disminuyó a 3.61. Estos datos sugieren que la degradación de las propiedades organolépticas del producto sigue un modelo de reacción de primer orden, estableciendo su tiempo de consumo en aproximadamente 24 días. Finalmente, los resultados del análisis microbiológico confirmaron el cumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa, garantizando así un alimento de alta calidad y seguridad para el consumo.

Palabras clave del autor: kéfir, inulina, queso untuoso, diseño factorial, análisis sensorial, cinética del pH

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: https://dspace.ucuenca.edu.ec/

Abstract

The present work aims to make an unctuous cheese using kefir and inulin as probiotic and prebiotic sources. A 2×3 factorial experimental design was carried out, varying the concentrations of kefir (5% and 10%), and inulin (0%, 0.5% and 1%) to identify the optimal formulation of the unctuous cheese. Subsequently, hedonic surveys were carried out on the participants to evaluate the organoleptic properties including taste, smell, color and texture. In addition, a kinetic model of the pH was applied to determine the reaction order and the optimal shelf life of the product, which was subjected to a microbiological analysis. The results of the statistical analysis indicated that the combination of 10% kefir and 0.5% inulin (a2b2 treatment) obtained the best acceptance in terms of color, smell, taste and texture. This result highlights that kefir favors the fermentation of milk, providing a pleasant acidic flavor, while inulin contributes directly to the consistency of the texture of the cheese. The initial pH of the cheese was 4.4 and, after 21 days, it decreased to 3.61. These data suggest that the degradation of the organoleptic properties of the product follows a first-order reaction model, establishing its consumption time at approximately 24 days. Finally, the results of the microbiological analysis confirmed compliance with the requirements established in the regulations, thus guaranteeing a high quality and safe food for consumption.

Author Keywords: kefir, inulin, unctuous cheese, factorial design, analysis sensory, pH kinetics

creative commons

The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: https://dspace.ucuenca.edu.ec/

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN. 13
2. OBJETIVOS. 14
2.1. Objetivo General. 14
2.2. Objetivos Específicos. 14
3. MARCO TEÓRICO. 14
3.1. Queso. 14
3.2. Queso untuoso. 14
3.2.1. Características organolépticas del queso untuoso. 15
3.2.1.1. Color 15
3.2.1.2. Olor 15
3.2.1.3. Sabor. 15
3.2.1.4. Textura. 15
3.2.2. Composición química del queso untuoso. 15
3.3. Probióticos. 15
3.3.1. Kéfir. 15
3.4. Prebióticos. 16
3.4.1. Inulina. 16
3.5. Simbióticos. 17
3.6. Fermentación. 17
3.6.1. Tipos de fermentación. 17
3.6.1.1. Fermentación láctica. 17
3.6.1.2. Fermentación alcohólica. 18
3.7. Especies bacterianas. 18
3.7.1. Enterobacterias. 18
3.7.2. Escherichia coli. 18
3.7.3. Staphylococcus aureus. 19
3.7.4. Salmonella. 19
3.7.5. Listeria monocytogenes. 19
4. METODOLOGÍA. 19
4.1. Tipo de diseño. 19
4.2. Lugar de trabajo. 20
4.3. Materiales, equipos e insumos. 20

4.4. Diseño experimental. 21
4.4.1. Variables cuantitativas. 21
4.5. Diagrama de proceso operativo para la elaboración de queso untuoso. 23
4.6. Evaluación de las propiedades organolépticas. 24
4.6.1. Variables cualitativas. 24
4.6.2. Tamaño de la muestra. 25
4.7. Análisis estadístico. 26
4.8. Determinación de la vida útil del queso untuoso. 27
4.9. Análisis microbiológico. 28
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 29
5.1. Resultados. 29
5.1.1. Selección de la formulación óptima del queso untuoso con diferentes tratamientos mediante encuestas hedónicas. 29
5.1.2. Evaluación de las características organolépticas mediante encuestas hedónicas. 30
5.1.2.1. Análisis de color en los tratamientos. 30
5.1.2.2. Análisis de sabor en los tratamientos. 31
5.1.2.3. Análisis de olor en los tratamientos. 32
5.1.2.4. Análisis de textura en los tratamientos. 33
5.1.3. Determinación del tiempo de vida útil mediante cinética del pH. 34
5.1.4. Resultados del análisis microbiológico. 38
5.2. Discusión. 38
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 40
6.1. Conclusiones. 40
6.2. Recomendaciones. 41

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial en combinación de parámetros. 30
Figura 2 Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para el color. 31
Figura 3 Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para el sabor. 32
Figura 4 Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para el olor. 33
Figura 5 Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para la textura. 34
Figura 6 Modelo cinético de orden cero. 36
Figura 7 Modelo cinético de primer orden. 37

Índice de tablas

Tabla 1 Materiales, equipos e insumos. 20
Tabla 2 Concentración de inulina (%m/V). 21
Tabla 3 Concentración de kéfir (%m/V). 21
Tabla 4 Combinaciones de los factores. 22
Tabla 5 Leyenda del diagrama de operaciones. 24
Tabla 6 Escala de aceptabilidad. 25
Tabla 7 Parámetros microbiológicos. 29
Tabla 8 Valores de pH en un periodo de 21 días. 34
Tabla 9 Parámetros del pH para las ecuaciones de reacción. 35

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Fórmula para calcular el tamaño del panel de degustación. 25
Ecuación 2 Formula de la cinética de reacción. 28
Ecuación 3 Fórmula de la cinética de reacción de orden cero. 28
Ecuación 4 Formula de la cinética de reacción de primer orden. 28
Ecuación 5 Fórmula de la cinética de reacción de primer orden para el queso untuoso. ... 37
Ecuación 6 Fórmula para determinar el tiempo de vida útil con valor crítico de pH. 37

Índice de anexos

Anexo A Encuesta de degustación para el queso untuoso. 48
Anexo B Código para parámetros de color, sabor, olor y textura en R. 48
Anexo C Código para la ponderación de parámetros en R. 49
Anexo D Resultados del ANOVA para el parámetro de color. 49
Anexo E Resultados del ANOVA para el parámetro de sabor. 49
Anexo F Resultados del ANOVA para el parámetro de olor. 49
Anexo G Resultados del ANOVA para el parámetro de textura. 50
Anexo H Resultados de la prueba de Tukey para el parámetro de textura. 50
Anexo I Resultados del ANOVA para la combinación de parámetros. 50
Anexo J Resultados de la prueba de Tukey para la combinación de parámetros. 51
Anexo K Resultados del análisis microbiológico por parte del Laboratorio de Análisis Bromatológico y Microbiológico de Aguas y Alimentos de la Universidad de Cuenca. 52
Anexo L Filtración inicial de la leche cruda. 52
Anexo M Medición de los parámetros básicos de la leche en el Milkotester. 53
Anexo N Pasteurización de la leche cruda. 53
Anexo O Fermentación de la leche con el kéfir. 53
Anexo P Filtración del suero de las muestras. 54
Anexo Q Empaque de las muestras de queso untuoso de cada combinación. 54
Anexo R Preparación de las muestras a degustar. 55
Anexo S Degustación de las muestras. 55
Anexo T Medición de pH. 55

Agradecimientos

Al finalizar este trabajo de titulación, que en varios momentos parecía inalcanzable es imposible no reconocer a todas las personas que, de una manera u otra, hicieron posible su realización.

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestra tutora, Ingeniera Patricia Ramírez. Su orientación experta y su apoyo incondicional han sido fundamentales para el desarrollo de nuestro trabajo. Agradecemos profundamente su dedicación y el tiempo que nos ha brindado. De igual manera, queremos exclamar nuestro agradecimiento a la ingeniera Diana Criollo, quien ha sido una guía invaluable y nos ha proporcionado el apoyo necesario para el manejo adecuado del laboratorio de lácteos.

Finalmente, agradecemos a la Universidad de Cuenca por acogernos a lo largo de todos estos ciclos y brindarnos una educación superior de excelencia y una experiencia invaluable.

Diego, Romi

Dedicatoria

Este trabajo y todos los logros de mi vida están dedicados a mi amada madre, Melania. Cada abrazo, beso y llamada de su parte, y, sobre todo, cada bendición y oración dirigida a Dios en mi nombre, han contribuido a que la distancia y las despedidas duelan menos, permitiéndome sentirme en casa, sin importar dónde me encuentre.

Deseo honrar también la memoria de mi abuelo, Enrique Toro, quien, aunque ya no esté en este plano terrenal, su espíritu me guía y su esencia perdura en mí cada día. Hoy, su legado y su apellido resplandecen con orgullo. Este logro te pertenece, querido abuelo, porque fuiste más que un padre para mí.

Dedico la culminación de mi carrera a mi hermano Jimmy, a mis hermanas Sandra, Mayerli y Analía, a mi padrastro Sandro, a mi abuela Olga y a todos los miembros de mi familia Toro. Su apoyo incondicional me ha mostrado que no hay límites para lo que puedo alcanzar. Este triunfo no es solo mío, sino también de ustedes.

Debo dedicar también un profundo y sincero agradecimiento a todas las personas que tuve el privilegio de conocer en esta ciudad y a lo largo de mi vida universitaria, especialmente a quienes, con su apoyo y amistad, se convirtieron en auténticos símbolos de hermandad. Gracias por demostrarme que tengo la fortaleza para seguir viviendo a pesar de los desafíos que el destino me impone. No sería la persona fuerte que soy ahora sin su presencia en mi vida.

Diego

Dedicatoria

Dedico este trabajo al pilar fundamental de mi vida: mi madre, quien siempre ha estado a mi lado, siendo mi ejemplo a seguir, una mujer fuerte, luchadora y con un corazón inmenso. A mi hermanita menor, Pati, quien es mi motor, mi inspiración para superar cualquier obstáculo y la persona más graciosa que conozco, su alegría, sus chistes y sus abrazos me llenan de fuerza todos los días.

A mi papá, quien ha estado presente a lo largo de mi vida y me ha brindado las oportunidades necesarias para seguir adelante. A mi querido Paco Emilio, la mejor mascota del mundo. Espero que desde el cielo te sientas orgulloso de mí; algún día nos volveremos a encontrar.

En especial, a Eve y Eva, los grandes amores de mi vida y mis mejores amigas. Han estado a mi lado en los buenos y malos momentos, compartiendo conmigo risas y lágrimas. A Jean, mi incondicional, que siempre ha creído en mí, incluso cuando yo no lo hacía. A mi primita Cis, que siempre me enseña algo nuevo y, a pesar de la distancia, siempre ha estado para mí.

Y finalmente, a mis amigos de la universidad, que me sacaron una sonrisa cuando más lo necesitaba y estuvieron conmigo en cada paso de este largo y duro camino.

A todos ustedes, mil gracias. Gracias por estar a mi lado y acompañarme en esta travesía.

Romi

1. INTRODUCCIÓN.

Los alimentos funcionales son aquellos que, además de proporcionar nutrientes esenciales, contienen componentes biológicamente activos que ofrecen beneficios adicionales para la salud. Estos alimentos no solo satisfacen las necesidades nutricionales básicas, sino también para promover el bienestar y prevenir enfermedades (Fuentes-Berrío et al., 2015). Los ingredientes bioactivos presentes en los alimentos funcionales influyen positivamente en funciones fisiológicas, tales como mejorar la digestión, fortalecer el sistema inmunológico y reducir el riesgo de enfermedades crónicas, entre otros (Martins et al., 2017).

La integración de alimentos funcionales en la dieta es fundamental, destacándose los lácteos por su potencial para mejorar la salud (Bhat & Bhat, 2011). El concepto de alimento funcional surgió en Japón en la década de 1980 con la implementación de tres programas patrocinados por el gobierno: investigación y desarrollo de alimentos funcionales, estudio de la regulación fisiológica de estos alimentos, y diseño molecular de alimentos funcionales. En 1991, con el propósito de disminuir los altos costos de la atención sanitaria, se creó la categoría de alimentos funcionales con posibles beneficios para la salud, conocidos como Foods for Specified Health Use (FOSHU) (Nimbe, 2020).

Se destaca el kéfir como una antigua leche fermentada que contiene una compleja microbiota, compuesta por una comunidad simbiótica de bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias ácido acéticas, que cohabitan en un equilibrio específico dentro de los granos de kéfir (Sebastián-Domingo & Sánchez-Sánchez, 2020). El presente trabajo se centra en la elaboración de un queso untuoso a partir de kéfir, aprovechando sus propiedades beneficiosas y añadiendo un componente adicional: inulina.

La inulina es un carbohidrato de reserva que se encuentra en diversas plantas, vegetales, frutas y cereales, siendo un componente habitual de nuestra dieta diaria. Industrialmente, se extrae principalmente de la raíz de la achicoria y se utiliza como ingrediente alimentario debido a sus ventajas tecnológicas y numerosos beneficios para la salud. Una de sus propiedades más importantes es su función como prebiótico, que contribuye a la función intestinal saludable a través de la fermentación bacteriana, la producción de ácidos grasos de cadena corta y la mejora en la absorción de iones de calcio y magnesio (Madrigal & Sangronis, 2007).

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

- Elaborar un queso untuoso de kéfir con adición de inulina.

2.2. Objetivos Específicos.

- Desarrollar la formulación óptima mediante diseño experimental 2×3 a diferentes concentraciones de kéfir e inulina.
- Evaluar las características organolépticas del producto mediante encuestas hedónicas.
- Determinar la vida útil del producto seleccionado mediante la cinética del pH.
- Realizar un análisis microbiológico del producto seleccionado.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Queso.

El queso es un producto que se obtiene mediante la coagulación de la leche utilizando diversas técnicas, seguido por el proceso de desuerado (Bartrina & Majem, 2004). Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1528, mencionada en el Anexo I, el queso fresco se define como un producto listo para ser consumido inmediatamente después de su elaboración, sin necesidad de someterse a cambios físicos o químicos adicionales.

De acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-121-SSA1-1994, el queso fresco se distingue por su alto contenido de humedad, sabor suave y corta vida útil, por lo que debe ser mantenido refrigerado.

3.2. Queso untuoso.

Un queso untuoso es comúnmente conocido como "queso crema", el cual es de consistencia suave coagulada, no granulada y cremosa con sabor agradable al paladar. Su sabor también es ácido y se atribuye a la acción de bacterias ácido lácticas Gram positivas, tales como aquellas pertenecientes a los géneros Lactococcus y Leuconostoc que producen ácido láctico como subproducto, además de esto, estas bacterias contribuyen al producto un aroma característico (Mendoza García, 2017).

En el ámbito de la normativa alimentaria, el Codex Alimentarius proporciona definiciones específicas para diversos productos lácteos. En particular, define el queso crema como un tipo de queso que es "blando y untable, no madurado y sin corteza" (Codex Alimentarius, 2001; Codex Alimentarius, 1978). Esta definición está contenida en la Norma Colectiva para el queso no madurado, que incluye al queso fresco, así como en la Norma General para el queso. Además, presenta una coloración que varía de casi blanco a amarillo claro. Su textura

es suave, sin agujeros y se puede untar fácilmente sobre otros alimentos (Codex Alimentarius, 2022).

3.2.1. Características organolépticas del queso untuoso.

3.2.1.1. Color

El color del queso puede variar dependiendo el proceso de maduración, generalmente es blanco y en ocasiones amarillo crema (Núñez Andrade, 2023)

3.2.1.2. Olor.

El aroma del queso está influenciado por las bacterias y hongos utilizados en su fermentación y maduración (Núñez Andrade, 2023)

3.2.1.3. Sabor.

El sabor puede variar desde suave hasta fuerte, dependiendo del tiempo de maduración y los ingredientes utilizados (Hernández, 2023).

3.2.1.4. Textura.

La textura del queso puede ser desde blanda y cremosa hasta dura y quebradiza, influenciada por el contenido de humedad y el proceso de coagulación (Hernández, 2023).

3.2.2. Composición química del queso untuoso.

El queso posee propiedades nutricionales destacadas, con una alta concentración de componentes beneficiosos. En términos generales, los quesos tienen una composición aproximada de 37.0% de agua, 3.5% de carbohidratos, 23.0% de proteínas, 33.0% de lípidos y 3.5% de minerales, proporcionando un contenido energético de 403 kcal por cada 100 gramos (Rodiles-López et al., 2023).

3.3. Probióticos.

En el año 2001, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecieron una definición para los probióticos. Según su definición, los probióticos son "organismos vivos que, al ser consumidos en cantidades adecuadas, ofrecen beneficios para la salud del huésped" (Codex Alimentarius Commission, 2018).

3.3.1. Kéfir.

El kéfir, reconocido por su elevada actividad probiótica, surge de la simbiosis entre comunidades de bacterias lácticas y levaduras. La composición microbiana presenta variaciones en cantidad y especies, dependiendo de la fase de fermentación ya sea ácida o alcohólica y las condiciones ambientales de inoculación (Salazar et al., 2019).

En consecuencia, el kéfir puede contener diferentes grupos de microorganismos si se analiza durante su proceso activo. Este implica la inoculación de granos o cultivos iniciadores en leche durante aproximadamente 24 horas, seguido de un periodo de incubación a la temperatura adecuada, y finalmente, el nuevo kéfir se conserva en refrigeración (maduración). Los granos también pueden mantenerse refrigerados, congelados o incluso liofilizados. Por lo tanto, la calidad del kéfir se encuentra intrínsecamente ligada a la interacción entre las levaduras y las bacterias del ácido láctico (Santos et al., 2012).

La microbiota del kéfir es compleja y está compuesta principalmente por bacterias ácido lácticas, bacterias ácido acéticas y diversas especies de levaduras, cada una con múltiples cepas que poseen propiedades probióticas y tecnológicas únicas. Es importante señalar que la composición microbiana de los gránulos de kéfir es diferente a la de la leche fermentada. El género Lactobacillus predomina en gránulos de diversas procedencias, destacando especialmente las especies Lactobacillus kefiranofaciens, L. kefiri y L. parakefiri (Bengoa, 2020).

3.4. Prebióticos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, más conocida como FAO (por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization), en 2008 describió a un prebiótico como un componente alimentario no viable que proporciona beneficios para la salud al huésped al modular el microbiota. Sin embargo, esta definición no especifica la necesidad de metabolismo, lo que implica que sustancias como bacteriocinas o compuestos alimentarios con actividad antimicrobiana también podrían clasificarse como prebióticos.

Aunque en el mercado global se están comercializando diversos carbohidratos como prebióticos, la evidencia científica respalda principalmente las propiedades beneficiosas en humanos de los fructanos tipo inulina, los fructooligosacáridos (FOS), los galactooligosacáridos (GOS), la lactulosa y los oligosacáridos de leche humana (HMO) (Corzo et al., 2015).

3.4.1. Inulina.

La inulina pertenece a un grupo de oligosacáridos obtenidos de fuentes vegetales como la raíz de achicoria, cebolla, ajo y puerro, entre otros, que ofrecen diversos beneficios para la salud. A diferencia de las fibras alimentarias tradicionales que ayudan a regular el tránsito intestinal, la inulina también favorece la absorción de calcio y estimula las defensas naturales de la flora intestinal (Guerrero-Murillo, 2010).

La inulina, que incluye fructanos de cadena recta con unidades fructosiladas, es ampliamente estudiada junto con otros compuestos como fructo-oligosacáridos, lactulosa y oligosacáridos, debido a su efecto prebiótico. La achicoria, utilizada industrialmente, es una fuente clave de inulina, compuesta por glucosa, fructosa, sacarosa y oligosacáridos de menor tamaño (Abed et al., 2016).

3.5. Simbióticos.

Cuando se utilizan de manera combinada probióticos y prebióticos, se forma un simbiótico. En consecuencia, los simbióticos se definen como preparaciones farmacéuticas y alimenticias que incluyen una o más especies de probióticos y componentes prebióticos (Valdazán, 2018). Al interactuar los microorganismos con la metabolización de prebióticos, se estimula el crecimiento y la actividad de los probióticos, mejorando sus propiedades saludables y generando un efecto sinérgico. Para ser considerado simbiótico, un producto debe demostrar que causa un beneficio que supere la suma de los efectos individuales de sus componentes (Hernández et al., 2019).

3.6. Fermentación.

Un estudio de Gil & López-Pérez (2011) describe a la fermentación como el procedimiento catabólico que en ausencia de oxígeno lleva a cabo la descomposición de la materia orgánica. Este proceso se categoriza según la naturaleza del sustrato y los productos resultantes, abarcando fermentaciones como la láctica, pútrida y acética, entre otras. Durante este procedimiento, diversos microorganismos, como levaduras, bacterias lácticas y acéticas, así como factores como la temperatura y el pH, juegan un papel fundamental, según lo indicado por Sinche-Bosquez (2013).

3.6.1. Tipos de fermentación.

Se pueden identificar diversos tipos de fermentación realizados por distintas procariotas y hongos. Siendo dos de los más destacados y conocidos la fermentación alcohólica y la fermentación láctica, nombradas así en función de sus subproductos principales (Páez-Escobar, 2010).

3.6.1.1. Fermentación láctica.

Es un proceso metabólico anaeróbico en el que los azúcares, como la glucosa, se descomponen para producir ácido láctico. Este proceso es llevado a cabo por bacterias lácticas, principalmente del género Lactobacillus y Streptococcus, en ausencia de oxígeno. La fermentación láctica es comúnmente utilizada en la producción de alimentos fermentados como yogur, queso y encurtidos. Durante este proceso, las bacterias lácticas transforman los azúcares presentes en el sustrato en ácido láctico, lo que contribuye a la preservación del

alimento y afecta sus propiedades sensoriales y nutricionales. Además de su papel en la fermentación de alimentos, la fermentación láctica también se utiliza en la producción industrial de ácido láctico, que tiene diversas aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica (Rollán et al., 2019).

3.6.1.2. Fermentación alcohólica.

Es un proceso catabólico que tiene como objetivo obtener energía en ausencia de oxígeno. Este proceso es llevado a cabo por microorganismos, como las levaduras, específicamente Saccharomyces cerevisiae, que transforman la glucosa en etanol, dióxido de carbono y moléculas de adenosín trifosfato (ATP). El etanol producido se utiliza en la fabricación de bebidas alcohólicas como el vino, la cerveza y la sidra. Levaduras como Saccharomyces cerevisiae oxidan el ácido pirúvico para generar etanol y dióxido de carbono, consumiendo NADH en el proceso (Francisco, 2012).

3.7. Especies bacterianas.

Según Pérez & Mota (2010), las bacterias, como organismos procariotas de una sola célula, se caracterizan por reproducirse a través del proceso de fisión binaria. Aunque comparten estructuras básicas como membrana celular y ADN con organismos eucariotas, carecen de compartimentos membranosos internos y su ADN es circular. Las bacterias se dividen en eubacterias y arqueobacterias, estas últimas adaptadas a entornos extremos. Su reproducción es asexual mediante fisión binaria, y su tamaño es menor que el de las células eucariotas, con características distintivas como la presencia de pared celular de peptidoglicano y la ausencia de citoesqueleto.

3.7.1. Enterobacterias.

La familia de las enterobacterias (Enterobacteriaceae) abarca diversos géneros y especies de bacilos gramnegativos, algunos de los cuales pueden ser patógenos para los seres humanos. Estas bacterias pueden ser anaerobias o aerobias facultativas y son capaces de fermentar una gran variedad de hidratos de carbono. Poseen una estructura antigénica compleja y producen diversas toxinas y otros factores de virulencia (Carroll et al., 2016).

3.7.2. Escherichia coli.

Es un bacilo Gram negativo, es decir una bacteria en forma de bastón que se caracteriza por ser negativa a la tinción de Gram y que tiene la capacidad de sobrevivir en entornos tanto aeróbicos como anaeróbicos. Esta bacteria es móvil gracias a la presencia de flagelos distribuidos a lo largo de su superficie. Su principal hábitat es el intestino de animales de sangre caliente. En el ámbito de la microbiología, E. coli se emplea frecuentemente como un marcador para detectar la contaminación fecal y la presencia de posibles patógenos en

muestras de agua y alimentos, dado que se encuentra en altas concentraciones en las heces de humanos y animales (Percival & Williams, 2014). Según Bari & Inatsu (2014), esta bacteria está comúnmente presente en las deposiciones de ganado en buen estado de salud y suele ser transmitida a los seres humanos mediante la ingestión de productos derivados del ganado.

3.7.3. Staphylococcus aureus.

El género Staphylococcus se compone de cocos Gram positivos, con un diámetro que varía entre 0.5 y 1.5 µm. Ogston introdujo el término Staphylococcus, derivado del griego "staphyle", que significa "racimo de uvas", al referirse a los cocos que provocan inflamación y supuración. Estas bacterias carecen de movilidad, no forman esporas y no tienen cápsula, aunque algunas cepas pueden producir una cápsula de limo. Se trata de bacterias anaeróbicas facultativas. La mayoría de las especies dentro de este género generan catalasa, una enzima que descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, y esta característica permite diferenciarlas de los géneros Streptococcus y Enterococcus, que no sintetizan catalasa (Cervantes-García et al., 2014).

3.7.4. Salmonella.

La salmonella es un bacilo Gram negativo con alrededor de 2700 serovares, siendo móviles gracias a flagelos perítricos. Estas bacterias, ampliamente distribuidas en la naturaleza, tienen la capacidad de adherirse a superficies. A pesar de mejoras en salud e higiene, la salmonelosis sigue siendo un significativo problema económico y de salud. Por tanto, es crucial contar con técnicas que prevengan la presencia de este microorganismo en entornos de procesamiento de alimentos (Pilamunga, 2020).

3.7.5. Listeria monocytogenes.

Listeria monocytogenes es un pequeño bacilo Gram positivo, anaerobio facultativo, que puede crecer en un amplio rango de temperaturas, desde 1°C hasta 45°C, y es catalasa positiva. Este microorganismo es un patógeno relacionado con enfermedades transmitidas por alimentos (Seoane, 2013).

4. METODOLOGÍA.

4.1. Tipo de diseño.

La investigación es de tipo experimental de nivel cualitativo y cuantitativo, en la cual se evaluaron dos variables de estudio: la concentración de inulina y la cantidad de kéfir utilizada. Además, se analizaron variables sensoriales como el olor, sabor, color y textura del producto elaborado. Entre las variables, se identificaron las variables independientes: concentración de inulina y porcentaje de kéfir, y las variables dependientes: parámetros sensoriales (olor, sabor, color y textura) y la percepción del consumidor.

4.2. Lugar de trabajo.

La elaboración del queso untuoso fue realizada en el laboratorio de Lácteos y los análisis microbiológicos en el laboratorio de Bromatología del Campus Tecnológico de la Universidad de Cuenca, ubicado en la Calle Lorenzo Piedra 1188. La materia prima utilizada fue obtenida de la empresa "Lácteos El Trébol", situada en la parroquia Chiquintad de la ciudad de Cuenca. Los gránulos de kéfir necesarios fueron adquiridos en el mercado "10 de agosto" y reproducidos en el mismo laboratorio. La inulina se obtuvo a través de la coordinación con la dirección de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Azuay ubicada en la Avenida 24 de Mayo 7-77.

4.3. Materiales, equipos e insumos.

Tabla 1

Materiales, equipos e insumos.

Materiales comunes	Materiales de laboratorio	Equipos	Insumos
Cocina industrial	Varillas de vidrio	Milkotester	Leche
Ollas de acero	Termómetro digital	pH-metro	Inulina
Cucharas de madera	Vasos de precipitación	Balanza digital	Kéfir
Cucharón			Cloruro de sodio
Coladores			
Recipientes plásticos			
Jarras medidoras de plástico			
Lienzos			

4.4. Diseño experimental.

4.4.1. Variables cuantitativas.

La concentración de inulina y el porcentaje de kéfir son consideradas variables cuantitativas debido a que pueden ser medidas y expresadas en términos numéricos, permitiendo así un análisis exhaustivo de sus influencias en el estudio.

Un estudio llevado a cabo en 2019 por Mackencie, Moreno & Bernal, reveló que incluso una concentración máxima del 1% de inulina no genera ningún impacto discernible en las características sensoriales del queso semigraso. Por otro lado, McGovern et al. (2024) subrayan que en los procesos de fermentación de leche que utilizan gránulos de kéfir como probiótico, se añade entre un 5 y 10% m/V a la leche, dejándola fermentar durante un período de 12 a 48 horas. Estos hallazgos fundamentan la decisión de establecer los niveles para la concentración de kéfir y la inulina tal como se describen en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2

Concentración de inulina (%m/V).

Factor a: concentración de inulina
a1: 0%
a2: 0.5%
a3: 1%

Tabla 3

Concentración de kéfir (%m/V).

Factor b: concentración de kéfir
b1: 5%
b2: 10%

Los niveles establecidos tanto para el factor a (concentración de inulina) como para el factor b (concentración de kéfir) permiten la aplicación de un Diseño Experimental Factorial 2×3, utilizando las combinaciones resultantes que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Combinaciones de los factores.

No	Tratamiento	Concentraciones % m/V
1	a1b1	0% inulina y 5% kéfir
2	a1b2	0% inulina y 10% kéfir
3	a2b1	0.5% inulina y 5% kéfir
4	a2b2	0.5% inulina y 10% kéfir
5	a3b1	1% inulina y 5% kéfir
6	a3b2	1% inulina y 10% kéfir

4.5. Diagrama de proceso operativo para la elaboración de queso untuoso.

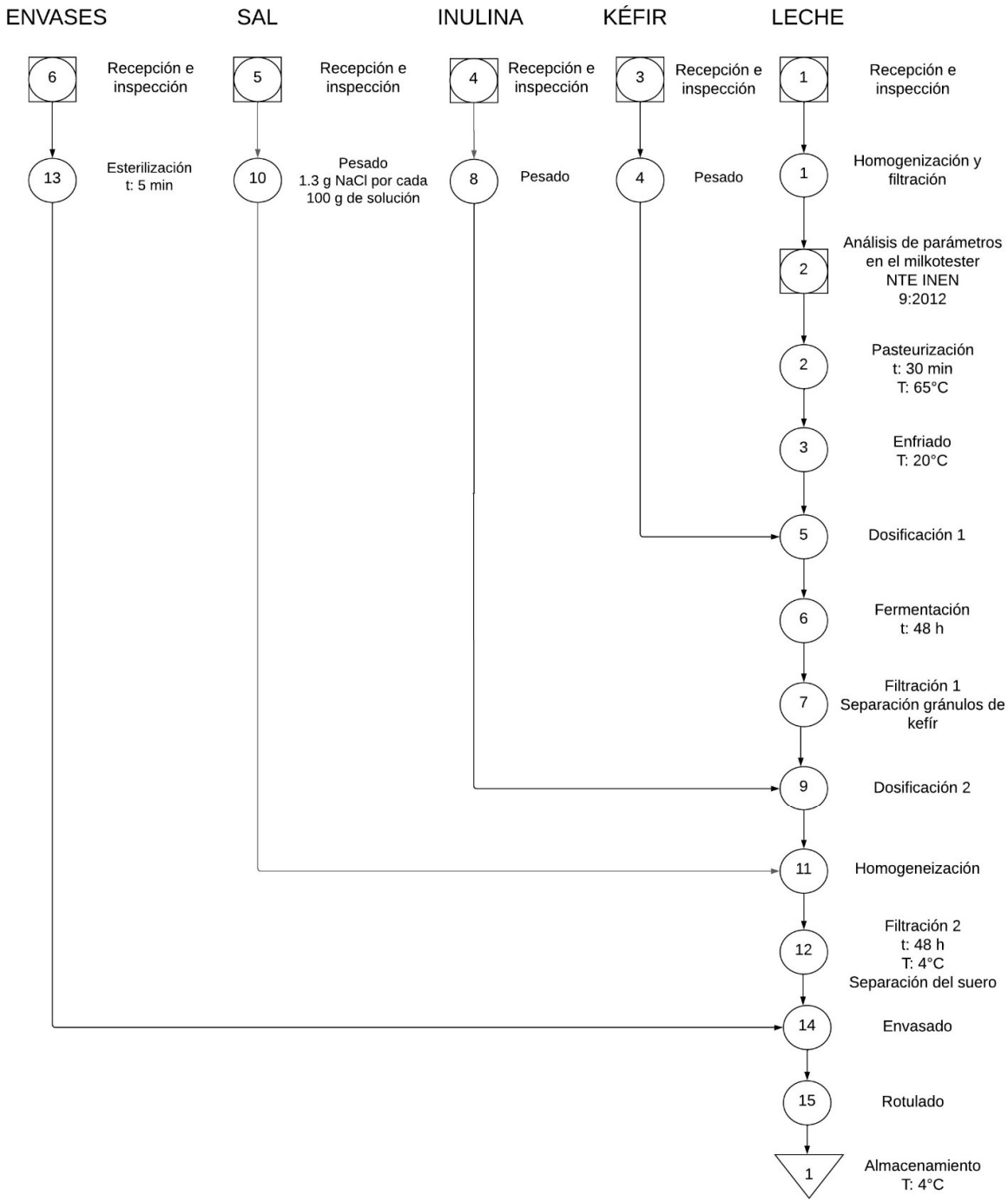


Tabla 5

Leyenda del diagrama de operaciones.

DPO	Simbología	Cantidad
Operación e inspección		6
Operación		15
Almacenamiento		1

4.6. Evaluación de las propiedades organolépticas.

4.6.1. Variables cualitativas.

Los parámetros sensoriales y la aceptación del consumidor se consideran variables cualitativas dado que se fundamentan en percepciones y opiniones subjetivas. Es por esta razón que se destacan como variables dependientes, englobando aspectos sensoriales como el color, sabor y textura, además de la percepción y valoración del producto por parte del consumidor.

Para evaluar las características sensoriales de los productos, se realizó una encuesta hedónica, como se detalla en el Anexo A "Encuesta de degustación para el queso untuoso". En esta encuesta, cada participante registró su percepción sobre parámetros definidos por Duarte Pino (2018), como el color, sabor, olor y textura del producto. Estos parámetros se evaluaron a través de pruebas diseñadas para medir la preferencia, aceptabilidad o nivel de agrado o desagrado hacia el producto o servicio, de acuerdo con lo propuesto por Ramírez-Navas (2012). Las evaluaciones se llevaron a cabo utilizando una escala del uno al cinco, como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6

Escala de aceptabilidad.

Categoría	Valoración numérica
Me gusta mucho	5
Me gusta moderadamente	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

4.6.2. Tamaño de la muestra.

Las evaluaciones se realizaron a veinticinco estudiantes de último nivel de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Cuenca. Los cuales fueron seleccionados de una población de cincuenta y tres estudiantes, utilizando la Ecuación 1 para el tamaño de una muestra finita, según lo establecido por Bolaños-Rodríguez en 2012.

Ecuación 1

Fórmula para calcular el tamaño del panel de degustación.

$$n = \frac{Z_{\propto}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 \cdot (N-1) + Z_{\propto}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- $\boldsymbol{n}$, es el tamaño muestra.
- $\boldsymbol{N}$, es el tamaño de la población.
- $\boldsymbol{i}$, es el error que se prevé cometer.
- $\boldsymbol{p}$, es el total de respuestas positivas del total de encuestas de aceptación, o prevalencia esperada del parámetro a evaluar.
- $\boldsymbol{q}$, es el total de respuestas negativas del total de encuestas, $q = (1 - p)$.
- $\boldsymbol{Z_{\propto}}$, es valor de coeficiente para un nivel de confianza estimado o valor correspondiente a la distribución de Gauss, cuando el nivel de confianza es del 90%, $Z_{\propto}$ toma un valor de 1.6455.

Cálculo:

$$n = \frac{(1.6455)^2 \cdot 53 \cdot 0.8 \cdot 0.2}{(0.1)^2 \cdot (53 - \ ) + (1.6455)^2 \cdot 0.8 \cdot 0.2}$$

$$n = 24.087 \approx 25 \text{ panelistas}$$

4.7. Análisis estadístico.

Se utilizó el software R para desarrollar un código, presentado en el Anexo B "Código para parámetros de color, sabor, olor y textura en R" y Anexo C "Código para la ponderación de parámetros en R", que facilitó el análisis de varianza (ANOVA). Este análisis se enfocó en comparar seis tratamientos distintos de queso untuoso, utilizando la hipótesis nula y alternativa para examinar diferencias significativas en características como el color, olor, sabor y textura, basándose en los resultados de las encuestas hedónicas. El objetivo consistió en determinar cuál de estos tratamientos era óptimo para el estudio, aplicando criterios estadísticos robustos para validar las diferencias significativas entre ellas.

- Hipótesis nula H_0: No hay diferencias significativas en la aceptación (color, sabor, olor, textura) entre los diferentes tratamientos (combinaciones de concentraciones de inulina y kéfir). Es decir, las medias de aceptación para todos los tratamientos son iguales.

$$\mu_{a1b1} = \mu_{a1b2} = \mu_{a2b1} = \mu_{a2b2} = \mu_{a3b1} = \mu_{a3b2}$$

- Hipótesis alternativa H_A: Hay al menos una diferencia significativa en la aceptación entre los diferentes tratamientos. Es decir, al menos una de las medias de aceptación es diferente.

$$\exists\, i, j \mid \mu_{a_i b_j} \neq \mu_{a_k b_l}$$

El análisis de varianza se utilizó para evaluar estas hipótesis. En este análisis, se calcula el valor F, que es una medida de cuánto difieren los resultados entre los distintos tratamientos comparado con la variación dentro de cada tratamiento. Un valor F grande sugiere que hay diferencias importantes entre al menos uno de los tratamientos y los demás. El valor P, por su parte, nos indica qué tan probable es obtener un valor F tan grande como el observado si en realidad no hubiera diferencias reales entre los tratamientos. Si este valor P es menor que 0.05 (el nivel de significancia establecido), rechazamos la idea de que todos los tratamientos son iguales y concluimos que al menos uno de ellos es significativamente diferente. En otras palabras, F nos muestra si hay diferencias entre los tratamientos, mientras que P nos dice si

esas diferencias son lo suficientemente grandes como para considerarlas reales y causadas por los tratamientos, en lugar de ser simples (García-Paredes, Haro-Sarango, Silva-Godoy, Pozo-Parra, & Salguero-Gualpa, 2019).

Dado que el ANOVA sólo revelaba la existencia de al menos una diferencia significativa, fue recomendable aplicar una prueba post-hoc tras obtener el resultado significativo del ANOVA. Según Montgomery, D. C. (2013), se consideró necesario aplicar el test de Tukey o Tukey's Honest Significant Difference (HDS), un procedimiento de comparación múltiple donde se compara todos los posibles pares de medias de grupos y se busca controlar el error de Tipo I, que es el riesgo de encontrar diferencias significativas que en realidad no existen. Este método permitió identificar exactamente qué grupos presentaban diferencias entre sí, determinando así qué pares de grupos eran distintos entre las seis muestras de queso untuoso. Esta prueba se realizó utilizando el software R, tal como se muestra en el Anexo B "Código para parámetros de color, sabor, olor y textura en R" y Anexo C "Código para la ponderación de parámetros en R".

4.8. Determinación de la vida útil del queso untuoso.

Para determinar la vida útil del queso untuoso, se calcularon dos pendientes y sus coeficientes de correlación mediante análisis de regresión lineal. Según la industria, la vida útil del queso untuoso generalmente varía entre 2 y 4 semanas, dependiendo de la formulación del producto y las condiciones de almacenamiento. Por ello, se realizaron mediciones de pH durante un período de 21 días, lo que permitió obtener las ecuaciones de la recta para este parámetro fisicoquímico. Según García-Baldizón et al. (2012), en la mayoría de los casos, los cambios en las características de los alimentos, como el color, la textura y el sabor y el deterioro de la calidad de los productos alimenticios, siguen modelos cinéticos de orden cero o de primer orden, de acuerdo con la Ecuación 2. Dado que el pH es un parámetro físico crítico en la determinación de las propiedades organolépticas del queso, es esencial aplicar un valor crítico de pH para calcular la vida útil del producto. Según KN et al. (2020), valores de pH inferiores a 3.5 o 3 aceleran el deterioro del queso, ya que pueden provocar un sabor rancio, mayor separación de suero y crecimiento visible de moho en la superficie.

Ecuación 2

Formula de la cinética de reacción.

$$-\frac{d[A]}{dt} = k \cdot [A_0]^n$$

Donde:

- $[\boldsymbol{A}]$, es la medición del parámetro fisicoquímico en el momento t.
- $\boldsymbol{A_0}$, es la medición del parámetro fisicoquímico en el momento t_0.
- $\boldsymbol{n}$, es el orden de la reacción.
- $\boldsymbol{t}$, es el tiempo de reacción.
- $\boldsymbol{k}$, es la constante cinética.

Por lo tanto, para la medición del pH como parámetro fisicoquímico en una reacción de orden cero $(n = 0)$ y de primer orden $(n = 1)$, al sustituir e integrar la Ecuación 2, se obtienen como resultado la Ecuación 3 y la Ecuación 4, respectivamente.

Ecuación 3

Fórmula de la cinética de reacción de orden cero.

$$[pH] = [pH_0] - k \cdot t$$

Ecuación 4

Formula de la cinética de reacción de primer orden.

$$ln[pH] = ln[pH_0] - k \cdot t$$

4.9. Análisis microbiológico.

Se recolectaron dos muestras de 200 g del tratamiento a2b2, las cuales fueron colocadas en envases de polietileno, transportadas en condiciones de refrigeración. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio externo de la Universidad de Cuenca, para ser analizadas siguiendo estrictamente los estándares establecidos en la norma NTE INEN 1528.

Tabla 7

Parámetros microbiológicos.

Parámetro	Resultado	Método de ensayo
Enterobacterias (UFC/g)	2×10^2	NTE INEN 1 529-13
Escherichia coli (UFC/g)	< 10	AOAC 991.14
Staphylococcus aureus (UFC/g)	10	NTE INEN 1 529-14
Salmonella	Ausencia	NTE INEN 1529-15
Listeria monocytogenes (/25g)	Ausencia	ISO 11290-1

Nota. Fuente: Norma INEN 1528.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Resultados.

5.1.1. Selección de la formulación óptima del queso untuoso con diferentes tratamientos mediante encuestas hedónicas.

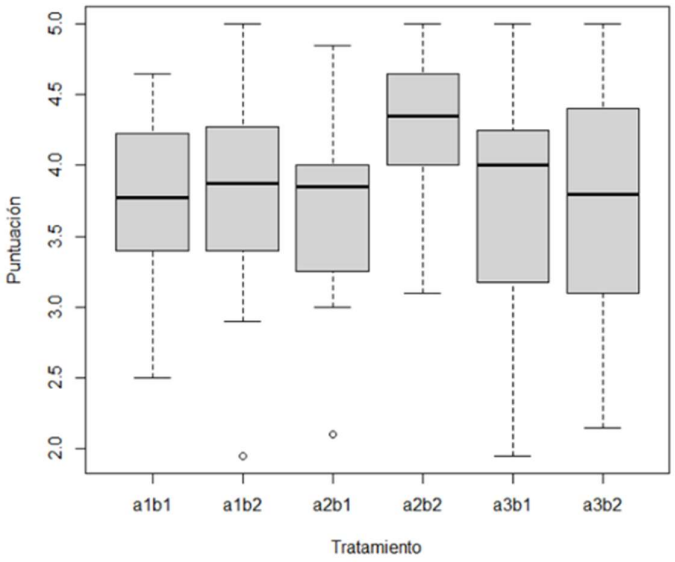
La selección de la formulación óptima se realizó mediante una ponderación específica para cada parámetro sensorial en los seis tratamientos. Esto se debió a que, al analizar cada parámetro sensorial de forma individual, no se observó una diferencia significativa que permitiera identificar claramente el tratamiento óptimo. Por lo tanto, cada tratamiento se evaluó considerando una ponderación del 15% para el olor, 10% para el color, 40% para el sabor y 35% para la textura.

Posteriormente, con los seis tratamientos del diseño experimental, se procedió a realizar un análisis de varianza a estos tratamientos, como se detalla en el Anexo I "Resultados del ANOVA para la combinación de parámetros". Este análisis reveló un valor de p de 0,0267, inferior al umbral de significancia ($p < 0.05$). Esto indica que al menos uno de los tratamientos tiene un impacto significativo en la evaluación global, es decir, en la combinación de parámetros sensoriales de los tratamientos. El Anexo J "Resultados de la prueba de Tukey para la combinación de parámetros" muestra que la prueba de Tukey comparó las medias de los seis tratamientos. Estas medias, presentadas en la Figura 1, destacan que el tratamiento a2b2 supera claramente a los demás, con una mediana cercana a 4.3 y un rango intercuartílico estrecho de 4 a 4.6. Esto sugiere alta consistencia, menor variabilidad y mayor aceptabilidad por parte de los estudiantes encuestados. Además, la ausencia de puntos

atípicos consolida su superioridad, siendo elegido como el tratamiento óptimo para la formulación.

Figura 1

Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial en combinación de parámetros.



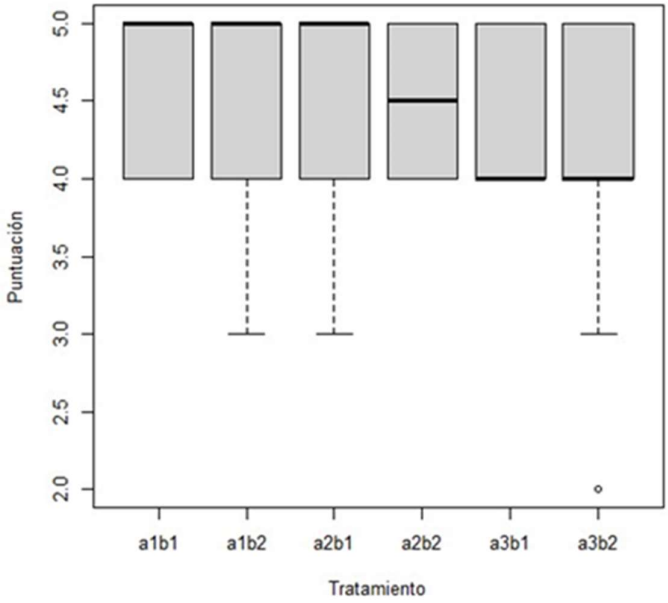
5.1.2. Evaluación de las características organolépticas mediante encuestas hedónicas.

5.1.2.1. Análisis de color en los tratamientos.

En el Anexo D "Resultados del ANOVA para el parámetro de color", se observa un valor p muy por encima del umbral de confianza. Esto indica que no hay diferencias significativas en el color entre los tratamientos, es decir, el color no influye significativamente en la elección del mejor tratamiento. En la Figura 2 se pueden observar medianas altas, alcanzando la puntuación máxima de 5 en los tratamientos a1b1, a1b2 y a2b1. También se presentan rangos similares con medianas de 4 en los tratamientos a3b1 y a3b2. Estas distribuciones consistentes entre los tratamientos, con medianas altas y rangos similares, sugieren que la percepción del color no tiene un impacto notable en la evaluación de los tratamientos por parte de los estudiantes encuestados.

Figura 2

Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para el color.

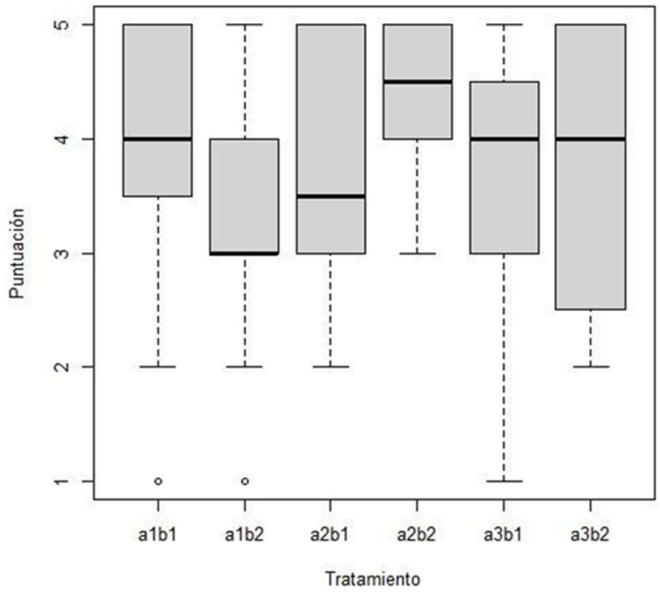


5.1.2.2. Análisis de sabor en los tratamientos.

El análisis de varianza presentado en el Anexo E "Resultados del ANOVA para el parámetro de sabor" no reveló diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, el valor p de 0.073, cercano al umbral de significancia ($p < 0.05$), sugiere una posible tendencia hacia una diferencia significativa. Como se muestra en la Figura 3, la variabilidad en las medias registradas para el sabor entre los tratamientos indica que el tratamiento a2b2 no solo presenta la mediana más alta, con 4.5 puntos, sino que también muestra una menor dispersión. Esto sugiere que es bien aceptado y que su sabor es percibido de manera consistente entre los estudiantes encuestados. Este tratamiento destaca en comparación con otros, como los tratamientos a1b1 y a1b2, que presentan puntos atípicos que distorsionan la percepción general de su aceptación, así como con los tratamientos a3b1 y a3b2, que muestran rangos con mayor variabilidad de datos, lo que sugiere que estos tratamientos no mantienen un sabor uniforme.

Figura 3

Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para el sabor.

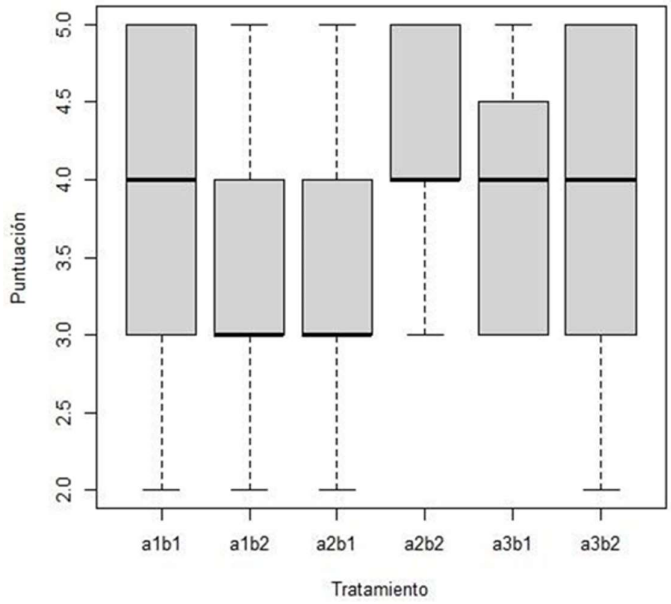


5.1.2.3. Análisis de olor en los tratamientos.

Como se muestra en el Anexo F "Resultados del ANOVA para el parámetro de olor", se obtuvo un valor p de 0.0524. Esto indica que, aunque el valor p es ligeramente superior al umbral de significancia ($p < 0.05$), no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Al analizar la Figura 4, se observa que los tratamientos a1b2 y a2b1, así como a1b1 y a3b2, presentan medianas y rangos similares, lo que sugiere que ambos pares de tratamientos tienen perfiles de aceptación similares y las evaluaciones de los estudiantes son uniformes. En comparación, el tratamiento a2b2, aunque muestra una media de 4 igual a la de otros tres tratamientos, tiene el rango intercuartílico más corto, lo que indica menor variabilidad en las evaluaciones.

Figura 4

Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para el olor.

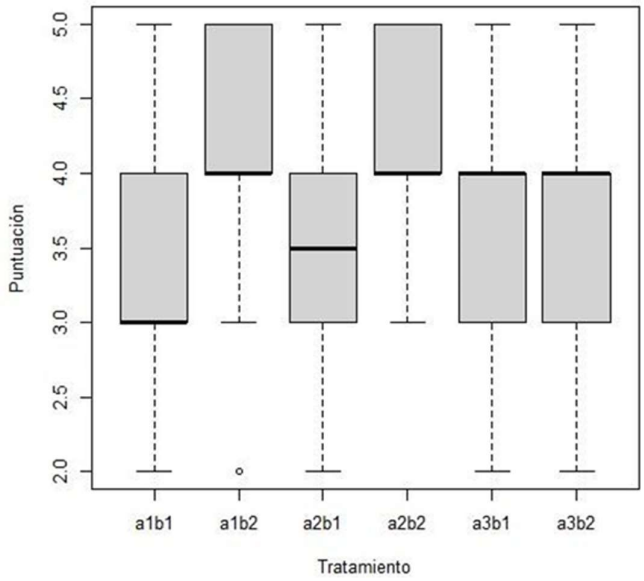


5.1.2.4. Análisis de textura en los tratamientos.

Los resultados del análisis de la textura, que se presentan en el Anexo G "Resultados del ANOVA para el parámetro de textura", muestran diferencias significativas entre los tratamientos, con un valor de F de 4.401 y un valor de p de 0.000948, que está por debajo del umbral de significancia ($p < 0.05$). Después de realizar la prueba post-hoc, cuyos resultados se encuentran en el Anexo H "Resultados de la prueba de Tukey para el parámetro de textura", se observa que los tratamientos a1b2 y a2b2 tienen una textura significativamente mejor en comparación con a1b1 y los otros dos tratamientos, a3b1 y a3b2, que muestran los mismos valores de mediana y rangos intercuartílicos. Esto se puede ver en la Figura 5, donde a1b2 y a2b2 muestran medianas más altas, con un valor de 4, y una menor dispersión en las puntuaciones de textura, lo que indica que los encuestados podrían haber percibido una textura agradable al paladar, sin irregularidades, como grumos o dureza. En cambio, el tratamiento a2b1 tiene una mediana intermedia de 3.5, con una mayor dispersión en los datos, lo que sugiere que, al igual que el tratamiento a1b1, la textura es menos uniforme y que los estudiantes tuvieron opiniones variadas.

Figura 5

Diagrama de cajas con los resultados del análisis sensorial para la textura.



5.1.3. Determinación del tiempo de vida útil mediante cinética del pH.

La medición del pH para determinar el tiempo de vida útil del queso untuoso se realizó mediante mediciones diarias, como se muestra en la Tabla 8, para las muestras del tratamiento a2b2 almacenadas a una temperatura de 4°C.

Tabla 8

Valores de pH en un periodo de 21 días.

Día	pH
0	4.4
1	4.34
2	4.29
3	4.25
4	4.18
7	4.11

8	4.08
9	4.05
10	4
11	3.97
14	3.85
15	3.8
16	3.75
17	3.72
18	3.68
21	3.61

Tabla 9

Parámetros del pH para las ecuaciones de reacción.

Tiempo (días)	[pH]	ln[pH]
0	4.4	1.48
1	4.34	1.47
2	4.29	1.46
3	4.25	1.45
4	4.18	1.43
7	4.11	1.41
8	4.08	1.41
9	4.05	1.4
10	4	1.39

11	3.97	1.38
14	3.85	1.35
15	3.8	1.34
16	3.75	1.32
17	3.72	1,31
18	3.68	1.3
21	3.61	1.28

A partir de los valores de la Tabla 8, se realizaron gráficos en Excel para obtener la Figura 6 y la Figura 7, con el objetivo de determinar el orden de reacción según el coeficiente de regresión lineal.

Figura 6

Modelo cinético de orden cero.

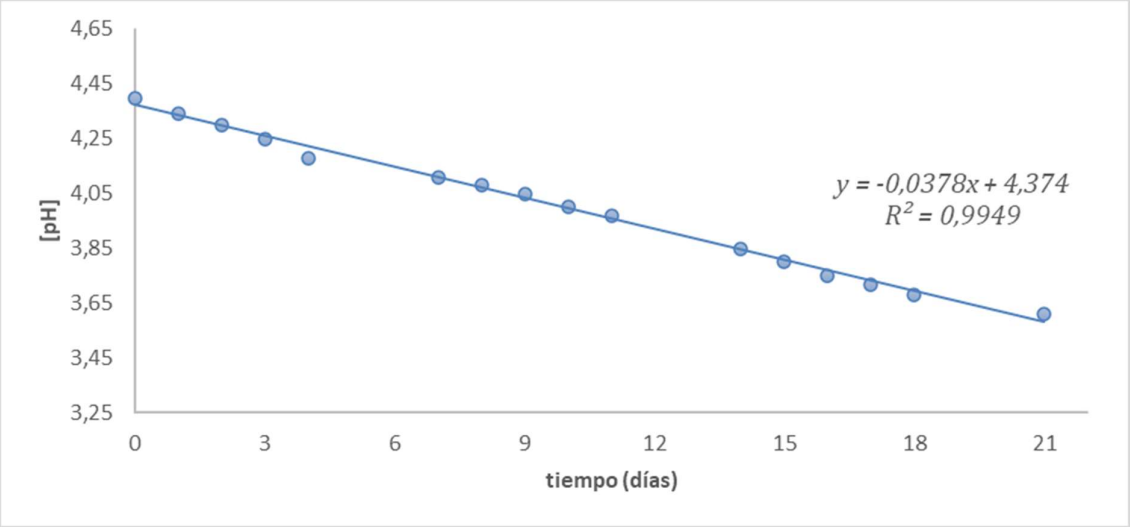
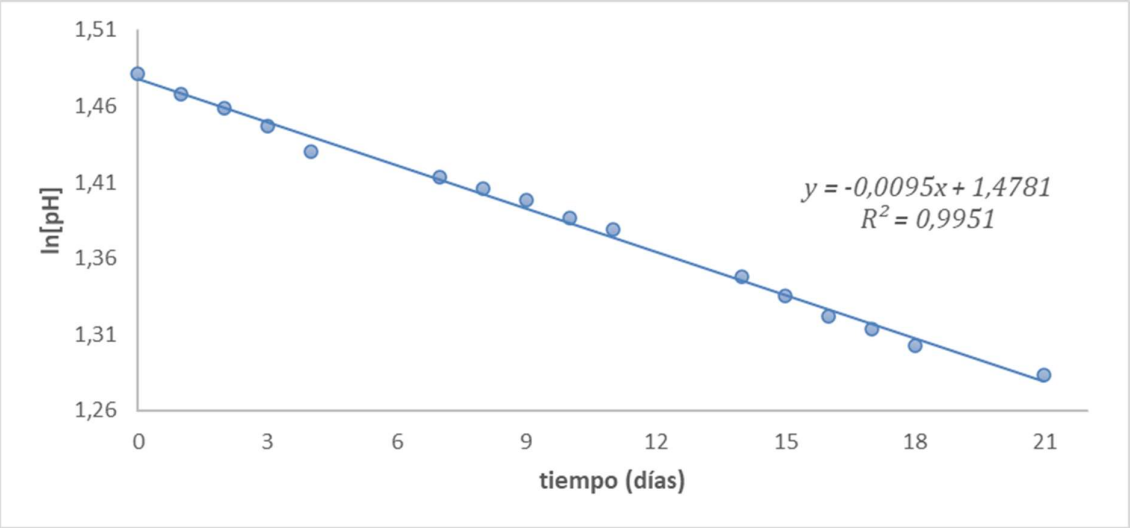


Figura 7

Modelo cinético de primer orden.



La disminución del pH sigue un modelo de primer orden, como se muestra en la Figura 7, con un coeficiente de regresión lineal (R^2) de 0.9951. Al tomar el valor de la pendiente de -0.0095, se puede encontrar la ecuación cinética correspondiente al reemplazar ese valor como la constante cinética (k) en la Ecuación 4.

Ecuación 5

Fórmula de la cinética de reacción de primer orden para el queso untuoso.

$$ln[pH] = ln[pH_0] - 0.0095t$$

De esta ecuación podemos despejar el tiempo para determinar en cuántos días el pH alcanza un valor crítico de 3.5.

Ecuación 6

Fórmula para determinar el tiempo de vida útil con valor crítico de pH.

$$t = \frac{ln\left(\frac{pH_0}{pH_{critico}}\right)}{0.0095}$$

Donde:

- $\boldsymbol{t}$, es el tiempo de vida útil.
- $\boldsymbol{pH_0}$, es el valor del pH en el día 0.
- $\boldsymbol{pH_{critico}}$, es el valor de pH en un punto crítico.

Cálculo:

$$t = \frac{ln\left(\frac{4.4}{3.5}\right)}{0.0095}$$

$$t = 24.08 \text{ días}$$

5.1.4. Resultados del análisis microbiológico.

En los resultados obtenidos descritos en el Anexo K "Resultados del análisis microbiológico por parte del Laboratorio de Análisis Bromatológico y Microbiológico de Aguas y Alimentos de la Universidad de Cuenca", se puede verificar el cumplimiento de la normativa NTE INEN 1528 que se detalla en la tabla 6.

5.2. Discusión.

Aunque no se observaron diferencias significativas en el color y olor entre los tratamientos, el análisis de las propiedades organolépticas mostró una mayor preferencia por ciertos atributos de sabor, especialmente en aquellos con concentraciones más altas de kéfir. Esta tendencia sugiere que los componentes del kéfir e inulina podrían influir significativamente en la percepción del sabor. Los resultados obtenidos en nuestro estudio difieren parcialmente de los reportados por Villalba & Sebastián (2022). Mientras que estos autores observaron una disminución en la coloración amarilla y un aumento de la tonalidad verde en los quesos crema elaborados con kéfir, en nuestro caso no se encontraron diferencias significativas en el color. Estas discrepancias podrían atribuirse a las diferencias en las cepas de kéfir utilizadas, las concentraciones de inulina y las condiciones de procesamiento. Por otro lado, nuestros resultados concuerdan con la tendencia general de que el kéfir puede influir significativamente en la textura de los productos lácteos. Al igual que Villalba & Sebastián (2022), observamos que la adición de kéfir modificó la textura de nuestros quesos, aunque en nuestro caso se obtuvo una textura más suave y cremosa en los tratamientos a1b2 y a2b2. Estos hallazgos sugieren que la influencia del kéfir en las propiedades sensoriales de los productos lácteos puede ser compleja y depender de múltiples factores, incluyendo la composición de la leche, las condiciones de fermentación y la interacción con otros ingredientes.

El análisis sensorial hedónico, centrado en la evaluación global del producto, también reveló resultados interesantes. Aunque algunos parámetros sensoriales individualmente no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, el análisis en conjunto, considerando una ponderación específica para cada atributo, permitió identificar una clara preferencia por el tratamiento a2b2. El ANOVA aplicado a la evaluación global confirmó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, destacando la influencia de la

combinación específica de kéfir e inulina en la percepción general del producto. La prueba de Tukey corroboró esta tendencia, posicionando al tratamiento a2b2 como el más valorado por los encuestados. Estos resultados subrayan la importancia de considerar la evaluación global del producto, más allá del análisis individual de cada atributo sensorial. La ponderación asignada a cada parámetro, reflejando su relevancia relativa para el consumidor, ha sido crucial para identificar la combinación óptima. La superioridad del tratamiento a2b2 puede atribuirse a una sinergia entre los diferentes atributos sensoriales, resultando en una experiencia sensorial más agradable y coherente. Es importante destacar que la preferencia por el tratamiento a2b2 podría estar relacionada con una combinación específica de factores, como la intensidad del sabor, la suavidad de la textura y la ausencia de notas desagradables. Los resultados de nuestro estudio son consistentes con los hallazgos de Gamba-Vargas & García-Galvis (2015), quienes observaron que la adición de inulina a un producto láctico fermentado influyó significativamente en la percepción del sabor. Sin embargo, a diferencia de su estudio, que se centró en kéfir, nuestro trabajo se enfocó en la elaboración de un queso untuoso. En nuestro caso, la combinación óptima se obtuvo con una concentración de inulina de 0.5% y un 10% de kéfir, mientras que, en el estudio mencionado, las muestras con mayor aceptación contenían concentraciones más altas de inulina y un porcentaje fijo de kéfir y quinua. Estas diferencias podrían explicarse por varios factores, como el tipo de producto (queso untuoso vs. kéfir), la concentración de kéfir utilizada, el tipo de inulina y la presencia de otros ingredientes como la quinua. Además, la adición de quinua en el estudio de Gamba-Vargas & García-Galvis (2015) podría haber influido en la textura y el sabor del producto, lo que explicaría la preferencia por concentraciones más altas de inulina.

Al comparar con otras investigaciones y técnicas en la producción de queso crema o untuoso, Gavilanes-López & Germán-Tomalá (2011) describen al queso crema como un producto lácteo fermentado que no pasa por un proceso de maduración. Su acidificación se realiza mediante cultivos lácticos, logrando un pH que oscila entre 4.3 y 4.8. Estos valores sugieren que el queso untuoso se mantiene dentro de ese rango hasta las mediciones del segundo día. Asimismo, Gutiérrez et al. (2007) menciona que el queso crema tiene diversas ventajas, incluyendo un pH que oscila entre 4.0 y 4.7, lo cual corrobora que el queso untuoso cumple con estos rangos de pH hasta el décimo día, como se ilustra en la Tabla 7. En la misma tabla, se observa que el queso untuoso alcanza un valor de pH de 3.61 al día 21, el cual puede compararse con otros estudios que han evaluado el impacto de las bacterias ácido lácticas en la producción de queso crema. Por ejemplo, Cobo-Monterroza et al. (2019) evaluaron el efecto de la adición de bacterias ácido lácticas, aisladas del proceso artesanal de elaboración de queso, como iniciadoras en la producción de queso crema a partir de leche pasteurizada,

obteniendo valores de pH de hasta 3.58 en un tiempo de 48 horas. Este descenso del pH a valores inferiores a 4 es coherente con lo descrito por Akabanda et al. (2014), quienes señalan que tal disminución es deseable cuando se busca que las bacterias ácido lácticas, además de mejorar las características sensoriales del queso, contribuyan a la coagulación de la leche e impidan el desarrollo de microorganismos patógenos no deseables. En este contexto, el uso de gránulos de kéfir ha demostrado ser igualmente eficaz, logrando valores de pH comparables a los mencionados, lo que respalda su capacidad para acidificar el queso untuoso de manera eficiente.

La ausencia de patógenos como Salmonella y Listeria monocytogenes coincide con los hallazgos de Sousa et al. (2021) en queso petit-suisse sabor guayaba con inulina, lo cual subraya la importancia de las buenas prácticas de manufactura en la producción de quesos frescos. La ausencia de coliformes y Escherichia coli en nuestro estudio, al igual que en el de Sousa et al. (2021), indica un bajo nivel de contaminación fecal y un adecuado manejo del producto durante el proceso de elaboración.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- Los resultados obtenidos a través del análisis de varianza y las pruebas sensoriales confirmaron que el tratamiento a2b2 presentó mayor aceptación, estableciendo que una concentración del 10% de kéfir y 0.5% de inulina en relación masa-volumen son las apropiadas para el desarrollo de una formulación óptima.

- A través de las encuestas hedónicas se demostró que no existieron diferencias significativas en el color y olor entre los seis tratamientos, lo que indica que la concentración de kéfir e inulina, independientemente de su variación, no influye de manera perceptible en esos parámetros para la calidad del producto. Además, se reveló una ligera tendencia a la variación en la percepción del sabor. Dado que todas las muestras tienen la misma dosificación de sal, la acidez se convierte en un atributo diferenciador, lo que indica que una mayor concentración de kéfir influye en la acidez del queso untuoso. En cuanto a la apreciación de la textura, se observó que la inulina tiene un impacto directo en la consistencia del queso untuoso. Los tratamientos sin este prebiótico, como el tratamiento a1b1, presentaron medianas de aceptabilidad más bajas en comparación con los tratamientos a2b2 y a3b2, que contenían concentraciones de inulina del 0.5% y 1%, respectivamente. Esto indica que a medida que aumenta la concentración de inulina, la textura del queso se vuelve más firme. Por esta razón, se demostró que esta textura más firme tiene una relación

inversamente proporcional con la concentración de kéfir, es decir, a mayor concentración de inulina, menor es la influencia del kéfir en la textura del queso untuoso.

- Las mediciones de pH indicaron que la degradación de las características fisicoquímicas y organolépticas del queso untuoso de kéfir enriquecido con inulina sigue un modelo de primer orden. Además, al extrapolar los datos del pH para alcanzar un valor crítico de 3.5, se determinó que la vida útil aproximada del queso para su consumo es de 24 días.

- Por último, los resultados microbiológicos del tratamiento a2b2 se encuentran dentro del rango establecidos en la norma NTE INEN 1528, lo que garantiza que este producto es apto para el consumidor.

6.2. Recomendaciones.

- Asegurar que el tiempo de fermentación de la leche con kéfir no exceda las 48 horas, para evitar que el pH descienda a niveles demasiado bajos y, como resultado, se incremente excesivamente la acidez del queso.

- Almacenar la inulina en envases herméticos, evitando que el aire y la humedad entren en contacto con ella y provoquen la formación de grandes grumos.

- Es fundamental tener en cuenta que, durante la separación del suero del queso, puede producirse una pérdida de inulina, debido a que esta es soluble en agua. Por ello, se recomienda desarrollar y aplicar un factor de corrección basado en la cantidad perdida, con el fin de reponer la inulina dentro del queso untuoso y asegurar que se mantenga el porcentaje masa-volumen necesario para la formulación óptima.

- Las muestras deben ser almacenadas en ambientes adecuados e inocuos que garanticen su calidad, como en refrigeradores equipados con un sistema de regulación de temperatura digital ajustable manualmente.

- Mantener un protocolo de limpieza y desinfección en todas las áreas de producción, incluyendo equipos y materiales que serán utilizados en el proceso, para asegurar la calidad y seguridad del producto final.

- Para garantizar la reproducción de los gránulos de kéfir, es necesario mantenerlos en leche a temperatura ambiente, renovándola de manera periódica.

- Para llevar a cabo un desuerado adecuado, es necesario emplear telas con una membrana suficientemente fina que permita el paso del suero sin que la mezcla de leche fermentada se filtre.

- Realizar la medición del pH de las muestras, se debe hacer por duplicado para reducir el margen de error y verificar una mejor precisión de los resultados.

- Utilizar balanzas analíticas de alta precisión y debidamente calibradas, que muestren rangos en miligramos, ya que las cantidades de inulina pueden ser muy pequeñas para balanzas convencionales.

Referencias

Abed, S. M., Ali, A. H., Noman, A., & Bakry, A. M. (2016). Inulin as Prebiotics and its Applications in Food Industry and Human Health; A Review. *International Journal of Agriculture Innovations and Research, 5*(1), 2319-1473.

Akabanda, F., Owusu-Kwarteng, J., Tano-Debrah, K., Parkouda, C., & Jespersen, L. (2014). The use of lactic acid bacteria starter culture in the production of Nunu, a spontaneously fermented milk product in Ghana. *International Journal of Food Science, 2014.* https://doi.org/10.1155/2014/721067

Bari, M.L., Inatsu, Y., 2014. E. coli O157:H7. In: Batt, C.A., Tortorello,M.L. (Eds.), Encyclopedia of Food Microbiology, vol 1. Elsevier Ltd, Academic Press, pp.735–739.

Bartrina, J. A., & Majem, L. S. (2004). *Leche, lácteos y salud*. Ed. Médica Panamericana.

Bhat, Z., & Bhat, H. (2011). Milk and Dairy Products as Functional Foods: A Review. *International Journal of Dairy Science*, *6*, 1-12. https://doi.org/10.3923/ijds.2011.1.12

Bengoa, A. A. (2020). Alimentos funcionales: Leches fermentadas con bacterias ácido lácticas productoras de exopolisacárido con propiedades antiinflamatorias en el tracto gastrointestinal [Doctor en Ciencias Exactas, área Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de La Plata]. https://doi.org/10.35537/10915/90208

Bolaños Rodríguez, E. (2012). Muestra y Muestreo. https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf

Carroll, K. C., Hobden, J. A., Miller, S., Morse, S. A., Mietzner, T. A., Detrick, B., Mitchell, T. G., McKerrow, J. H., & Sakanari, J. A. (2016). Bacilos gramnegativos entéricos (Enterobacteriaceae). En *Microbiología médica, 27e* (1-Book, Section). McGraw-Hill Education. https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?aid=1129191949

Cervantes-García, E., García-González, R., & Salazar-Schettino, P. M. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*.

CODEX ALIMENTARIUS. (2018). Definiciones de la leche y queso. https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=147097&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION

CODEX ALIMENTARIUS. (2022). Norma para el queso crema. https://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/shproxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B275-1973%252FCXS_275s.pdf

Cobo-Monterroza, R., Rosas-Quijano, R., Gálvez-López, D., Adriano-Anaya, L., & Vázquez-Ovando, A. (2019). Native lactic acid bacteria as a starter culture for the production of Mexican cream cheese. *Agronomia Mesoamericana, 30*(3), 855–870. https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34673

Corzo, N., Alonso, J. L., Azpiroz, F., Calvo, M. A., Cirici, M., Leis, R., Lombó, F., Mateos-Aparicio, I., Plou, F. J., Ruas-Madiedo, P., Rúperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, M. L., & Clemente, A. (2015). Prebióticos; Concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutricion Hospitalaria, 31*, 99-118. https://doi.org/10.3305/NH.2015.31.SUP1.8715

Duarte Pino, Y. (2018). *Elaboración y evaluación sensorial, nutricional, química y aceptabilidad de mermelada en base a una mezcla de berenjena (Solanum melongena) y zanahoria (Daucus carota)* [Thesis, Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales]. http://www.repositorio.ucm.cl/handle/ucm/repositorio.ucm.cl/handle/ucm/2334

FAO. (2024). Producción y productos lácteos: Calidad y evaluación. https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/

Francisco, C. C. (2012). Procesos de fabricación de bebidas alcohólicas. *Innovación Tecnológica En La Industria De Bebidas*, 1-283.

Fuentes-Berrío, L., Acevedo-Correa, D., & Gelvez-Ordóñez, V. M. (2015). Alimentos funcionales: Impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 13*(2), 140-149. https://doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149

Gamba Vargas, A., & García Galvis, C. M. (2015). Efecto de la adición de inulina comercial y quinua (*Chenopodium quínoa wild*) en la elaboración de kéfir. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4163176

García Baldizón, C., Molina Córdoba, M. E., & Chacón Valle, G. (2012). Evaluación De La Vida Útil De Una Pasta De Tomate Mediante Pruebas Aceleradas Por Temperatura. *Revista Ingeniería, 21*(2), 31-38. https://doi.org/10.15517/ring.v21i2.2683

García-Paredes, N. E., Haro-Sarango, A. F., Silva-Godoy, L. F., Pozo-Parra, F. F., & Salguero-Gualpa, S. G. (2019). Estadísticas y Probabilidades. *Casa Editora del Polo.* https://doi.org/10.23857/978-9942-621-59-7

Gavilanes López, P. I., & Germán Tomalá, C. A. (2011). Uso de inulina y carragenina en la calidad de queso crema bajo en grasa. *ESPAMCIENCIA, 2*(1), 7–13.

Guerrero Murillo, J. (2010). *Alimentos fortificados con prebióticos*. Revista ReCiTeIA.

Gil, R. B., & Pedro López Pérez, J. (2011). El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8*(1), 111-114.

Gutiérrez, L., Gómez, A., Arias, L., & Tangerife, B. (2007). Evaluación de la viabilidad de una cepa probiótica nativa de *Lactobacillus casei* en queso crema. *Revista Lasallista de Investigación, 4*(2), 37–42.

Hernandez, A., Rodriguez, C., Zamorano, M., & Quintana, C. (2019). Microbiota, Probióticos, Prebióticos y Simbióticos. *Pediatria Integral, 21*(5), 337-354.

KN, K., Krishna, A., & Ghosh, B. C. (2020). Shelf life study of developed reduced fat Synbiotic cream cheese. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9*(4S), 222–226. https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i4sd.12008

Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *57*(4), 387-396.

Martins, N., Oliveira, M. B. P. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Development of functional dairy foods. En J.-M. Mérillon & K. G. Ramawat (Eds.), *Bioactive molecules in food* (pp. 1-19). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_35-1

Mackencie Tobar, K. T., Moreno Peñafiel, R. M., & Bernal Gutiérrez, A. E. (2020). *Influencia de la inulina en el contenido graso del queso mozzarella fresco y aromatizado. InGenio Journal: La revista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ, 3(1), 34-48.*

McGovern, C. J., González-Orozco, B. D., & Jiménez-Flores, R. (2024). Evaluation of Kefir Grain Microbiota, Grain Viability, and Kefir Bioactivity from Fermenting Dairy Processing By-Products. *Journal of Dairy Science.* https://doi.org/10.3168/jds.2023-24364

Mendoza García, T. Y. (2017). Elaboración de queso crema con bacterias lácticas provenientes del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) fino de aroma. https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2282

Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments.* John Wiley & Sons.

Nimbe, T. y T. (2020). Rednutrición. *11*(3), 774-776.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). Norma técnica ecuatoriana INEN 1528:2012. *Norma general para quesos frescos no madurados: Requisitos*. Primera revisión.

Secretaría de Salud. (1996). *NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/

Páez, I. A. R., & Gaggiotti, L. M. (2010). *La lipólisis en la leche: Causas, formas de prevención e incidencia sobre la calidad de los productos lácteos.* 10.

Pérez, M., & Mota, M. (2010). Morfología y estructura bacteriana. Revista de Actualización Clínica Investiga, 49, 1-9.

Percival, S.L. and Williams, D.W. (2014) Escherichia coli (Chapter 6). In: Percival, S.L., Yates, M.V., Williams, D.W., et al., Eds., Microbiology of Waterborne Diseases (Second Edition), Elsevier Ltd., Amsterdam, 89-117.

Pilamunga, P. (2020). Identificación de *Salmonella* sp. en productos lácteos no pasteurizados comercializados en los mercados de Riobamba. *Universidad Nacional de Chimborazo*.

Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, *12*, 83-102.

Rollán, G. C., Gerez, C. L., & Leblanc, J. G. (2019). Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals. Frontiers in Nutrition, 6(September 2017). https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00098

Rodiles-López, J. O., Ochoa Manzo, G. M., & Zamora Vega, R. (2023). El queso y sus variedades. *Milenaria, Ciencia y Arte*, *21*, 19-23.

Salazar, E. J., Sánchez, J. D., & Giraldo, L. M. L. (2019). Características y beneficios del Kéfir como probiótico: Una revisión para el mejoramiento de la salud. *Microciencia*, *8*, 132-147.

Santos, T. S. S., Martins, J. de F. L., Rocha, D. M. U. P., & Moreira, A. V. B. (2012). «Petit suisse» cheese from kefir: An alternative dessert with microorganisms of probiotic activity. *Food Science and Technology (Campinas)*, 32(3), 485-491. https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000077

Sebastián Domingo, J. J., & Sánchez Sánchez, C. (2020). El kéfir: Tan desconocido como beneficioso para la salud. *Medicina naturista*, *14*(1), 15-17.

Seoane, M. (2013). *Listeria monocytogenes*. *Rev Chilena Infectol*, 405-406.

Sinche Bosquez, P. D. (2013). Evaluación de dos tiempos de fermentación con la adición de la enzima polifenol oxidasa y lavadura Saccharomyces cerevisiae para mejorar las características de calidad (aroma y sabor) del cacao CCN-51-en la UTE Santo Domingo [Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/19126

Sousa, P. B. de, Guimarães, T. L. F., Silva, P. L. da, Miranda, E. S. M., Castro, E. de A., Monção, É. da C., Santos, S. M. L. dos, Mendes, L. G., Cavalcante, A. B. D., & Damaceno, M. N. (2021). Effect of inulin addition on the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics from guava-flavored petit-suisse kefir cheese. *Research, Society and Development, 10*(8), Article 8. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17139

Valdazán, C. (2018). Efecto de la inclusión de probiótico, prebiótico y simbiótico en la dieta del cuy (*Cavia porcellus*) sobre parámetros productivos. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.

Villalba, M., & Sebastián, J. (2022). Caracterización fisicoquímica y sensorial de un queso crema elaborado con cultivo láctico de kéfir.

Anexos

Anexo A

Encuesta de degustación para el queso untuoso.

ENCUESTA DE DEGUSTACIÓN PARA EL QUESO UNTUOSO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAS DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Fecha

Genero Masculino ☐
Femenino ☐
Otro ☐

Atributo COLOR		Códigos de producto					
Puntaje	Nivel de agrado	M1	M2	M3	M4	M5	M6
5	Me gusta mucho						
4	Me gusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
2	Me disgusta moderadamente						
1	Me disgusta mucho						

Atributo OLOR		Códigos de producto					
Puntaje	Nivel de agrado	M1	M2	M3	M4	M5	M6
5	Me gusta mucho						
4	Me gusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
2	Me disgusta moderadamente						
1	Me disgusta mucho						

Atributo SABOR		Códigos de producto					
Puntaje	Nivel de agrado	M1	M2	M3	M4	M5	M6
5	Me gusta mucho						
4	Me gusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
2	Me disgusta moderadamente						
1	Me disgusta mucho						

Atributo TEXTURA		Códigos de producto					
Puntaje	Nivel de agrado	M1	M2	M3	M4	M5	M6
5	Me gusta mucho						
4	Me gusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
2	Me disgusta moderadamente						
1	Me disgusta mucho						

Anexo B

Código para parámetros de color, sabor, olor y textura en R.

```
# Cargar librerías necesarias
library(readxl)
library(tidyverse)
# Cargar los datos
datos <- read_excel("C:/Users/USUARIO/Desktop/TESIS/CUADROS EXCEL/PUNTUACION INDIVIDUAL.xlsx")
# Convertir las variables 'Tratamiento' a factores
datos$Tratamiento <- as.factor(datos$Tratamiento)
# Verificar la estructura de los datos
str(datos)
# ANOVA para Color
anova_color <- aov(Color ~ Tratamiento, data = datos)
summary(anova_color)
# ANOVA para Sabor
anova_sabor <- aov(Sabor ~ Tratamiento, data = datos)
summary(anova_sabor)
# ANOVA para Olor
anova_olor <- aov(Olor ~ Tratamiento, data = datos)
summary(anova_olor)
# ANOVA para Textura
anova_textura <- aov(Textura ~ Tratamiento, data = datos)
summary(anova_textura)
# Test de Tukey para Textura
tukey_textura <- TukeyHSD(anova_textura)
print(tukey_textura)
# Diagramas de caja para cada variable sensorial
par(mfrow=c(2,2))  # Dividir el área de la trama en 2x2 para mostrar 4 diagramas de caja
# Color
boxplot(Color ~ Tratamiento, data = datos, main = "Color", xlab = "Tratamiento", ylab = "Puntuación")
# Sabor
boxplot(Sabor ~ Tratamiento, data = datos, main = "Sabor", xlab = "Tratamiento", ylab = "Puntuación")
# Olor
boxplot(Olor ~ Tratamiento, data = datos, main = "Olor", xlab = "Tratamiento", ylab = "Puntuación")
# Textura
boxplot(Textura ~ Tratamiento, data = datos, main = "Textura", xlab = "Tratamiento", ylab = "Puntuación")
```

Anexo C

Código para la ponderación de parámetros en R.

```
# Cargar librerías necesarias
library(readxl)
library(tidyverse)
# Cargar los datos
datos <- read_excel("C:/Users/USUARIO/Desktop/TESIS/CUADROS EXCEL/PORCENTAJES.xlsx")
# Convertir las variables 'Tratamiento' a factores
datos$Tratamiento <- as.factor(datos$Tratamiento)
# Verificar la estructura de los datos
str(datos)
# ANOVA
anova_TOTAL <- aov(TOTAL ~ Tratamiento, data = datos)
summary(anova_TOTAL)
# Test de Tukey
tukey_TOTAL <- TukeyHSD(anova_TOTAL)
print(tukey_TOTAL)
boxplot(TOTAL ~ Tratamiento, data = datos, main = "TOTAL", xlab = "Tratamiento", ylab = "Puntuación")
plot(tukey_TOTAL, main = "Tukey HSD para TOTAL")
```

Anexo D

Resultados del ANOVA para el parámetro de color.

```
             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento   5   2.00  0.4000    1.11  0.358
Residuals   138  49.75  0.3605
```

Anexo E

Resultados del ANOVA para el parámetro de sabor.

```
             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento   5  12.47   2.494   2.069  0.073 .
Residuals   138 166.42   1.206
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Anexo F

Resultados del ANOVA para el parámetro de olor.

```
             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento   5   8.56  1.7111   2.254 0.0524 .
Residuals   138 104.75  0.7591
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Anexo G

Resultados del ANOVA para el parámetro de textura.

```
             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
Tratamiento   5  15.40  3.0792   4.401 0.000948 ***
Residuals   138  96.54  0.6996
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Anexo H

Resultados de la prueba de Tukey para el parámetro de textura.

```
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Textura ~ Tratamiento, data = datos)

$Tratamiento
                     diff         lwr        upr     p adj
a1b2-a1b1  9.166667e-01  0.21883484 1.61449849 0.0029493
a2b1-a1b1  2.916667e-01 -0.40616516 0.98949849 0.8323424
a2b2-a1b1  9.166667e-01  0.21883484 1.61449849 0.0029493
a3b1-a1b1  4.583333e-01 -0.23949849 1.15616516 0.4076402
a3b2-a1b1  5.416667e-01 -0.15616516 1.23949849 0.2249798
a2b1-a1b2 -6.250000e-01 -1.32283182 0.07283182 0.1070332
a2b2-a1b2  2.664535e-15 -0.69783182 0.69783182 1.0000000
a3b1-a1b2 -4.583333e-01 -1.15616516 0.23949849 0.4076402
a3b2-a1b2 -3.750000e-01 -1.07283182 0.32283182 0.6306141
a2b2-a2b1  6.250000e-01 -0.07283182 1.32283182 0.1070332
a3b1-a2b1  1.666667e-01 -0.53116516 0.86449849 0.9827753
a3b2-a2b1  2.500000e-01 -0.44783182 0.94783182 0.9051891
a3b1-a2b2 -4.583333e-01 -1.15616516 0.23949849 0.4076402
a3b2-a2b2 -3.750000e-01 -1.07283182 0.32283182 0.6306141
a3b2-a3b1  8.333333e-02 -0.61449849 0.78116516 0.9993420
```

Anexo I

Resultados del ANOVA para la combinación de parámetros.

```
             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento   5   5.99  1.1971   2.625 0.0267 *
Residuals   138  62.94  0.4561
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Anexo J

Resultados de la prueba de Tukey para la combinación de parámetros.

```
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = TOTAL ~ Tratamiento, data = datos)

$Tratamiento
                   diff          lwr        upr     p adj
a1b2-a1b1  0.10000000 -0.463463423 0.66346342 0.9956036
a2b1-a1b1 -0.03541667 -0.598880090 0.52804676 0.9999721
a2b2-a1b1  0.56666667  0.003203243 1.13013009 0.0478346
a3b1-a1b1  0.06458333 -0.498880090 0.62804676 0.9994612
a3b2-a1b1  0.03125000 -0.532213423 0.59471342 0.9999850
a2b1-a1b2 -0.13541667 -0.698880090 0.42804676 0.9822885
a2b2-a1b2  0.46666667 -0.096796757 1.03013009 0.1656853
a3b1-a1b2 -0.03541667 -0.598880090 0.52804676 0.9999721
a3b2-a1b2 -0.06875000 -0.632213423 0.49471342 0.9992695
a2b2-a2b1  0.60208333  0.038619910 1.16554676 0.0287814
a3b1-a2b1  0.10000000 -0.463463423 0.66346342 0.9956036
a3b2-a2b1  0.06666667 -0.496796757 0.63013009 0.9993710
a3b1-a2b2 -0.50208333 -1.065546757 0.06138009 0.1104009
a3b2-a2b2 -0.53541667 -1.098880090 0.02804676 0.0727797
a3b2-a3b1 -0.03333333 -0.596796757 0.53013009 0.9999793
```

Anexo K

Resultados del análisis microbiológico por parte del Laboratorio de Análisis Bromatológico y Microbiológico de Aguas y Alimentos de la Universidad de Cuenca.

UCUENCA
CIENCIAS QUÍMICAS

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

LABORATORIO DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS Y ALIMENTOS

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:

Solicitado por: Diego Fernández
Procedencia de las muestras: Laboratorio de Lácteos Facultad de Ciencias Químicas
Número de muestras: 1
Tipo de muestras: Queso crema
Muestras entregadas en este laboratorio

Inspección de la muestra: Muestra en envase de polietileno cantidad aproximada de 200g.

INFORME DEL RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
	QUESO CREMA	
Enterobacterias UFC/g	$2X10^2$	NTE INEN 1 529-13
Escherichia coli ufc/g	< 10	AOAC 991.14
Staphilococus aureus ufc/g	10	NTE INEN 1 529-14
Salmonella	Ausencia	NTE INEN 1529-15
Listeria monocytogenes/25g	Ausencia	ISO 11290-1

00152b28-51e2-418d-8780-a2107d59a05

Bioquímico Analista

Anexo L

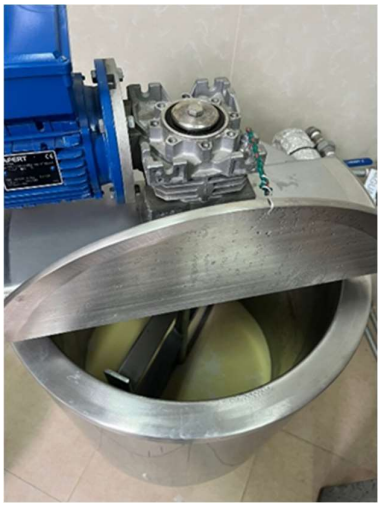
Filtración inicial de la leche cruda.

Anexo M

Medición de los parámetros básicos de la leche en el Milkotester.

Anexo N

Pasteurización de la leche cruda.



Anexo O

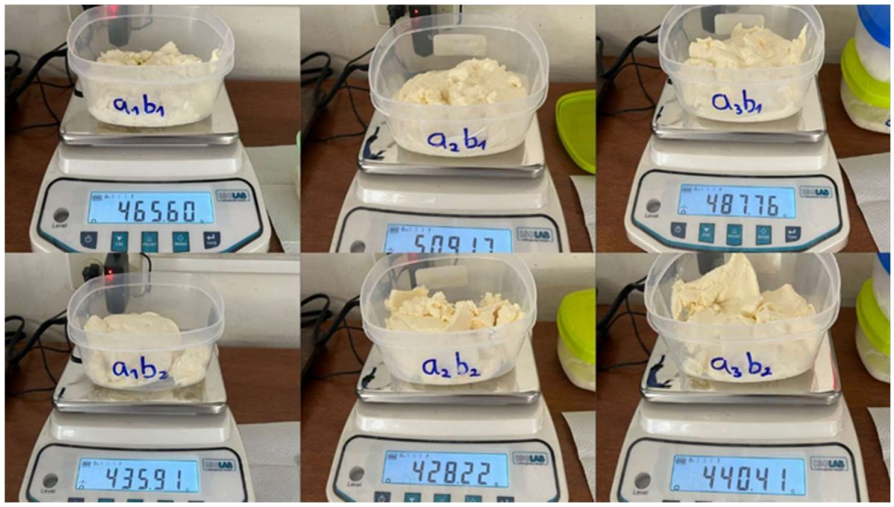
Fermentación de la leche con el kéfir.

Anexo P

Filtración del suero de las muestras.

Anexo Q

Empaque de las muestras de queso untuoso de cada combinación.



Anexo R

Preparación de las muestras a degustar.

Anexo S

Degustación de las muestras.

Anexo T

Medición de pH.